



L A B O R A T O I R E S P H E R E , U M R 7 2 1 9

SÉMINAIRE

**APPROCHES HISTORIQUES, PHILOSOPHIQUES ET ANTHROPOLOGIQUES  
DES NOMBRES, DE LA MESURE ET DE LA MESURABILITÉ**

Historical, philosophical and anthropological approaches to numbers, measurement and measurability

<http://www.sphere.univ-paris-diderot.fr/spip.php?article2054>

**2021 – 2022**

Le Laboratoire SPHERE a ouvert une thématique interdisciplinaire « Approches historiques, philosophiques et anthropologiques des nombres, de la mesure et de la mesurabilité » (voir <http://www.sphere.univ-paris-diderot.fr/spip.php?article2019>). Un nouveau séminaire est dédié à cette thématique.

Organisation : Nadine de Courtenay (Univ. de Paris, SPHere), Christine Proust (CNRS, SPHere)

Le séminaire, mensuel, se réunira les mercredis en salle 646A (Mondrian),  
bâtiment Condorcet, Université Paris Cité (Campus Grands Moulins), 75013 Paris  
Pour participer à distance, le lien Zoom sera disponible en écrivant à 48h l'avance aux organisateurs de séance (sur le site)

PROGRAMME

16 novembre, 9:30–13:00, organisé par F. Grégis  
« Autour de la « valeur vraie » d'une grandeur et de l'analyse des incertitudes dans la mesure :  
enjeux épistémologiques et didactiques »

15 décembre, 9:30–13:00, organisé par K. Chemla  
« Quantité dans les mathématiques du XVI<sup>e</sup> siècle »

19 janvier 2022, 9:30–13:00, organisé par E. Lejeune  
« Quelle est la fonction de la notion d'échelle dans l'épistémologie des SHS ? »

16 février, 14:00–17:30, organisé par S. Hijmans  
« Measurement in chemistry »

9 mars, 14:00–17:30, organisé par M. Pégnny  
« Entre mesure et calcul : histoire des instruments mathématiques »

18 mai, 9:30–16:30, organisé par S. Hijmans, M. Lacomme  
« Histoire matérielle des Instruments de mesure »

Mardi 16 novembre 2021, 9h – 17h, hybride  
« Autour de la “valeur vraie” d’une grandeur et de l’analyse des incertitudes dans la mesure :  
enjeux épistémologiques et didactiques »  
Séance organisée par F. Grégis

Si l’analyse des incertitudes de mesure est reconnue comme un élément fondamental de la démarche scientifique expérimentale, de nombreuses questions continuent à être soulevées quant à sa méthodologie et l’interprétation des concepts qui y sont mobilisés. Les nombreux débats passés et présents qui ont animé différentes disciplines scientifiques, et en particulier la métrologie, en sont le témoin. Récemment, ces questionnements ont suscité l’intérêt de travaux épistémologiques (Mari 2003 ; Tal 2011 ; De Courtenay & Grégis 2017). En parallèle, l’enseignement des incertitudes de mesure et des méthodes expérimentales se révèle tout aussi délicat, et a fait l’objet de divers travaux en didactique des sciences (Séré 1993 ; Maisch 2009 ; Munier et al 2013 ; Caussariou & Tiberghien 2017) accompagnés de réflexions sur la constitution des programmes du secondaire (Robert-Schwartz & Treiner 2003 ; Browaeys et al 2021).

Il semble qu’un certain nombre de questions se cristallisent autour d’un concept qui se révèle polémique, celui de « valeur vraie » d’une grandeur physique, souvent mobilisé dans la définition de « l’erreur de mesure », et qui serait le résultat d’une mesure dite « parfaite », sans erreur. En effet, l’appel à ce concept présente plusieurs difficultés. Celui-ci véhicule une importante charge métaphysique, et laisse en quelque sorte entendre que la mesure permettrait d’accéder à « la vérité » en elle-même. Ce glissement a suscité la méfiance des métrologues et des scientifiques en général, lesquels ont parfois plaidé pour que l’on retire le terme de « valeur vraie » hors du vocabulaire et du formalisme de l’analyse d’incertitude (ISO 1993, Treiner 2011). La charge métaphysique du concept de valeur vraie d’une grandeur se répercute aussi dans la façon dont les étudiants appréhendent la mesure en TP, et participe à entretenir chez eux l’idée qu’il existerait une « bonne » valeur dont ils auraient pour tâche de s’approcher le plus possible. Cela introduit un biais qui complique l’analyse critique des résultats d’expérience. On peut donc se demander, d’une part si la référence à la « valeur vraie » dans la mesure est conceptuellement valide, et d’autre part si cet emploi, qu’il soit valide ou non, n’entrave pas la bonne compréhension des étudiants et des scientifiques.

Cette séance du séminaire « Approches historiques, philosophiques et anthropologiques des nombres, de la mesure et de la mesurabilité » a pour objectif de croiser des regards issus de la physique, de la didactique des sciences et de la philosophie des sciences pour aborder les questions liées à la pertinence, la portée et la difficulté du concept de valeur vraie d’une grandeur, et plus généralement pour revenir sur les enjeux conceptuels, épistémologiques et didactiques liés à l’analyse des incertitudes de mesure. [références bibliographiques complètes en ligne]

Fabien GRÉGIS (SPHere)

*La valeur vraie d’une grandeur physique : problèmes épistémologiques et conceptuels*

Valérie MUNIER (LIRDEF, Univ. Montpellier)

Julien BROWAEYS (MSC, Univ. Paris) & Nicolas DECAMP (LDAR, Univ. Paris)

*Valeur vraie, erreur et incertitude dans les manuels de lycée*

Mercredi 15 décembre 2021, 9:30 - 13:00, hybride  
Quantité dans les mathématiques du XVI<sup>e</sup> siècle  
Séance organisée par K. Chemla

Pier Daniele NAPOLITANI (Université de Pise)

*Peut-on sortir d’une cage tout en y restant dedans ? Maurolico et la quantité générale.*

Entre les XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, dans le sillage de la redécouverte des œuvres d’Archimède, la recherche d’une approche dépassant celle des mathématiques grecques s’est développée sous des formes diverses. Cette tension est évidente dans la vaste œuvre de Francesco Maurolico (1494-1575). Dans un effort pour harmoniser son approche de la géométrie de la mesure avec celle d’Archimède, il en vient progressivement à concevoir une théorie de la « quantité générale », sorte de lieu commun entre quantité discrète et quantité continue. Cette théorie, qu’il développe dans le deuxième livre de son *Arithmetica speculativa*, doit servir de base à une refondation globale de toute connaissance mathématique. Mais, malgré de nombreuses réalisations remarquables, l’effort de Maurolico sera voué à se replier sur lui-même.

Nous essaierons de comprendre les causes de cet échec lié à l’origine même du projet maurolicien : améliorer et enrichir le paradigme des mathématiques grecques sans toutefois comprendre la signification perturbatrice de l’algèbre.

Toni MALET (Université Pompeu Fabra), en ligne

*Measuring and conceptual change in early modern mathematics: Niccolò Tartaglia as a case study.*

As recognized by a growing body of literature, most conceptual and methodological shifts in early modern mathematics cannot be accounted for in terms of internal theoretical developments. On the contrary, this literature suggests, social and institutional contexts and the social practices of arithmetic, geometry, and metrology provide inputs that may contribute to explain shifts, conceptual and methodological, in early modern mathematics. My talk focuses on some facets of the practical geometry books of Niccolò Tartaglia and Simon Stevin (first published 1556-1560 and 1605 respectively).

I will pay particular attention to new approaches to curve description and measuring that were legitimised in their practical geometry books. I am particularly interested in documenting ways in which mathematical innovations “sneaked in” so to speak into the established, ordinary, authoritative body of mathematical results.

Mercredi 12 janvier 2022, 9:30 - 12:30, visioconférence

Quelle est la fonction de la notion d'échelle dans l'épistémologie des SHS ?

Séance organisée par E. Lejeune

La notion d'échelle revêt dans l'épistémologie des différentes sciences humaines et sociales des sens et des fonctions multiples. En histoire - comme en sociologie ou en anthropologie -, les questions qui y sont attachées s'articulent surtout autour d'une réflexion sur la notion de points de vue [Revel, Desjeux]. Le chercheur peut faire varier les échelles d'observations, du « micro » au « macro », ce qui change ce qu'il peut observer. Le problème se déplace alors, et il s'agit de comprendre comment ces observations à différentes échelles sont compatibles, se complètent ou se contredisent ? Ce type de débats ont été la source de profond renouvellement de l'historiographie et des méthodes des historiens dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, comme le montre par exemple le développement de la micro-histoire de l'histoire de « longue durée ».

Toutefois, la notion d'échelle a également un autre sens, qui ne concerne pas uniquement les opérations d'observation. Des chercheurs ont en effet construit des outils pour leur permettre de comparer ou de classer leurs observations. En histoire, Michel Vovelle a ainsi développé une échelle du sentiment religieux, afin d'étudier la distribution de la piété en Provence au XVIII<sup>e</sup> siècle. Qu'est-ce qu'une échelle en SHS ? Quelles réflexions sont attachées à cette notion dans ce très large champ de recherche ? Pour quelle dynamique dans ces différentes disciplines ? Lorsqu'elles sont des outils pour le chercheur, comment sont-elles construites ? pour quels résultats ? ou pour quelles conclusions ?

Après une première journée sur la mesure en sciences humaines et sociales en 2018, cette séance se propose d'explorer les différentes questions que posent la notion d'échelle dans une perspective comparative. Trois disciplines seront abordées : la psychologie, la géographie et l'histoire. Nous essaierons de mettre en avant - si c'est possible - et malgré l'apparente « absence d'interdisciplinarité », selon les mots de Nicolas Verdier, des questions transversales qui intéressent les historiens des sciences humaines, autour de l'étude de cette notion d'échelle.

Olivier MARTIN (Université de Paris, CERLIS)

*De la mesure à l'échelonnement : contributions à une histoire des échelles de mesure et à leurs usages.*

Il s'agit de revenir sur l'histoire de la genèse de la notion d'échelle de mesure, dans le prolongement des réflexions sur la théorie « classique » de la mesure, de ses remises en cause par les développements scientifiques du début du XX<sup>e</sup> siècle et des débats autour de la mesure dans les sciences psychologiques. Née dans un contexte d'une réflexion intense sur l'épistémologie des sciences physiques et des enjeux institutionnels en sciences psychologiques, la notion d'échelle intégrera après la Seconde Guerre mondiale des réflexions encore plus générales sur les théories des données. L'intervention vise à démêler l'écheveau de ces multiples aspects de l'histoire des échelles et de leur conceptualisation.

Nicolas VERDIER (CNRS, UMR 8504, & EHESS)

*L'échelle en géographie, histoire, enjeux et perspectives*

Il s'agira dans cette intervention de revenir sur l'histoire des usages de l'échelle en géographie en nous attardant, d'une part sur les contradictions entre les usages cartographiques et géographiques, puis en nous intéressant aux apports de la géomorphologie, pour finir par nous intéresser aux usages actuels et à la place de l'échelle dans la géographie française et dans ses relations avec d'autres disciplines des sciences sociales et humaines.

Edgar LEJEUNE (SPHere)

*Les échelles d'observation au cœur d'un renouvellement historiographique ? Le dépassement de l'histoire dite « départementaliste » (1970-1990)*

Dans les années 70, en France, certains médiévistes se rebiffent contre une histoire qu'ils qualifient de départementaliste. Ce rejet recoupe deux types de revendications. D'une part, ces historiens remettent en cause un modèle d'organisation dominant de la recherche historique en France depuis la fin de la seconde guerre mondiale. Schématiquement, ce dernier s'organise en deux temps : les jeunes chercheurs produisent des monographies en s'appuyant sur les fonds d'archives départementales. Les historiens les plus chevronnés reprennent les conclusions de leurs travaux dans le but de produire une synthèse à l'échelle nationale. D'autre part, certains médiévistes formulent des critiques épistémologiques sur la conceptualisation de l'opération de synthèse historique sur laquelle repose cette organisation de la recherche, notamment décrite par Marrou comme devant se faire par « niveaux », du canton à l'Europe, du local au global.

Ces divergences qui s'affirment, à travers la voix d'historiens comme Jean-Philippe Genet ou Alain Guerreau par exemple, soulèvent de nombreuses questions sur les échelles d'observation en histoire. À travers quelques exemples de controverse entre historiens, je montrerai comment la conceptualisation de ce qu'est une échelle d'observation s'articule avec des modèles de division du travail de recherche et la forme des publications.

Mercredi 16 février 2022, 14:00 - 17:30, visioconférence

### La mesure en chimie

Séance organisée par Sarah Hijmans

Juan Camilo MARTÍNEZ GONZÁLEZ (National Council of Scientific and Technical Research, CONICET, Buenos Aires University)

*Measuring electronegativity: the domain measurements that developed quantum chemistry*

Electronegativity is a quantified chemical concept which correlates the ability of chemical species (atoms, molecules, ions, radicals, elements) to attract electrons during their contact with other species with measurable quantities such as dissociation energies, dipole moments, ionic radii., ionization potentials, electronic affinities, and spectroscopic data. It is applied to the description and explanation of chemical polarity, reaction mechanisms, other concepts such as acidity and oxidation, estimation of types of chemical compounds and periodicity. The firsts quantitative models of electronegativity appeared prior to the development of modern quantum mechanics. Two conflicting models (valence bond and molecular orbital) were responsible for constructing such electronegativity scales around 1932. In this presentation we will trace the experimental traditions and the theoretical environment that led to the development of such models, I will try to point out the relevance of the dispute between thermodynamics and spectroscopy for obtaining electronegativity values and the implications that both measurement domains had regarding the theoretical explanation of covalent bonds.

Références :

Jensen, W.B. : «When was electronegativity first quantified ?» Part I. J. Chem. Educ. 89, 94–96 (2012)

Leach, M.R. : «Concerning electronegativity as a basic elemental property and why the periodic table is usually represented in its medium form». Found. Chem. 15, 13–29 (2013)

Mulliken, R. : «A new electronaffinity scale ; together with data on valence states and on valence ionization potentials and electron affinities». J. Chem. Phys. 2, 782–793 (1934)

Pauling, L. : «The nature of the chemical bond. IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms». J. Am. Chem. Soc. 54, 3570–3582 (1932)

Klaus RUTHENBERG (Université des Sciences Appliquées de Coburg)

*On the measurement of acidity*

Acidity is a central chemical concept, and without any doubt its measurement as pH-value is the most frequently applied single technique of all chemical analyses. In the present contribution the origins of the modern concepts of acidity are presented, compared and discussed. The main conclusion is that there exists a kind of incommensurability between “protonism” and “electronism” with respect to both epistemological and quantificational perspectives. Protonism (after Arrhenius/Brønsted/Lowry) is in close vicinity to the notion of substance, whereas electronism (after Lewis) is a straightforward theoretical construction.

Mercredi 9 mars 2022, 9:30 - 13:00, hybride (ac)

### Entre mesure et calcul : histoire des instruments mathématiques

Séance organisée par M. Pegny

L'étude des instruments constitue une source matérielle majeure pour les historiographies de la mesure et du calcul. Durant cette séance, nous accorderons une attention toute particulière aux instruments analogiques, ces instruments manipulant le continu que le succès du modèle numérique a relégués dans l'oubli, et aux problèmes conceptuels que posent leur classification comme instrument de mesure ou instrument de calcul.

Loïc PETTIGIRARD (CNAM)

*Mesurer et calculer : de l'histoire des instruments « réalisant une transformée de Fourier »*

L'exploration de l'histoire des instruments « réalisant une transformée de Fourier » livre une pléiade d'objets qui sont par conception des instruments de mesure doublés d'instruments de calcul. Dans les spectromètres à transformée de Fourier, dans les dispositifs pour la cristallographie par rayons X, dans l'optique de Fourier, la capacité à faire une mesure ne prend sens que parce qu'elle est combinée à une capacité de calcul (d'inversion) de transformée de Fourier. Par principe, et en pratique, ces instruments agrègent et font système de dispositifs dédiés à la mesure et d'organes de calcul. Selon que ces instruments sont analogiques ou numériques, les modalités de cette hybridation mesure / calcul sont différentes. Si on y ajoute les impératifs d'automatisation des procédures et des résultats, la capacité à livrer un résultat en temps-réel, les choix de conception et les types d'instrumentations possibles ont été encore multipliés ...au moins jusqu'à l'introduction et la diffusion massive du célèbre algorithme de FFT (Fast Fourier Transform – 1965). L'exposé vise à donner un aperçu de quelques-unes de ces hybridations, et tentera d'en dresser une typologie permettant de dépasser les catégories classiques : instrument matériel vs instrument mathématique ; instrument de mesure vs instrument de calcul.

Maël PÉGNY (post-doc in AI Ethics, Carl Friedrich von Weizsäcker-Zentrum, Universität Tübingen)

*Mesure ou calcul ? Enjeux historiques et philosophiques de la classification des instruments analogiques*

L'histoire des instruments de calcul analogiques est décisive pour la compréhension de l'histoire des techniques computationnelles, dans la mesure où elle s'inscrit dans le temps long et joue un rôle décisif pour des domaines majeurs de la

demande de calcul, comme le calcul astronomique ou la simulation de grands problèmes d'ingénierie. L'examen des sources matérielles pose cependant des problèmes redoutables de délimitation et de classification : qu'est-ce qui doit compter comme instrument de calcul par opposition à un instrument de mesure ? Qu'est-ce qu'un dispositif de calcul automatisé ? Qu'est-ce qu'une machine de calcul par opposition à un dispositif de simulation ou de visualisation ? Répondre à ces questions implique un retour philosophique sur les sens de ces classifications, et les problèmes théoriques qu'elles nous aident à résoudre.

Mercredi 18 mai 2022, 14:00 - 16:30, salle Mondrian, 646A

Histoire matérielle des instruments de mesure

Séance organisée par S. Hijmans & M. Lacomme

Pierre-Louis VACQUIER (Education Nationale)

Matthieu HUSSON (CNRS, Syrte, & Erc ALFA) & Eleonora ANDRIANI (CNRS, Erc ALFA)

*The materiality of an astronomical instrument known only through textual and diagrammatical sources: the case of John of Lignères Fiat primo regula (Paris c. 1325)*

Between 1320 and 1325, the Parisian astronomer John of Lignères, known for his contributions and teaching around the Parisian Alfonsine Tables, wrote a text on the equatorium, namely an astronomical instrument used for finding the positions of the Moon, Sun, and planets. This text, the incipit of which reads "*Primo linea recta*", is preserved in two witnesses and includes three parts, each focusing on a different aspect of the instrument's materiality : a *des-criptio* (description), a *usus* (use) and a *compositio* (construction) with diagrams.

After introducing the author, and presenting the text in its proper historical context, we are going to examine the section of the text pertaining the construction of one specific part of the instrument and show how, in the different parts of the text, its materiality emerges, and how this connect to issues of precision and accuracy in the measurements and computations performed through this instrument.

Charlotte CONNELLY (Scott Polar Research Institute, University of Cambridge)

*Material and philosophical entanglements in the discovery of Ohm's Law*

In 1826, Georg Simon Ohm published his first articulation of what is now famously known as Ohm's Law. Many of the accounts of Ohm's work in the run up to his announcement of his law depict him as an isolated figure, working as a teacher with few meaningful connections to his fellow physicists. However, close study of his work reveals that he was heavily influenced by his peers, and that this influence extended to the design of his experimental apparatus, as well as the theoretical basis of his work and ideas. This presentation takes a guided tour around Ohm's apparatus, to investigate what he was measuring, both in theory and in practice, as he sought to describe his electrical law.

Peter HEERING (Europa-Universität Flensburg)

*Analyzing precision measurements with the replication method*

There are some experiments from the history of physics are nowadays labelled 'great' – whatever this 'great' may mean exactly. These experiments can be seen as a canonical group that plays a significant role in the formation of future physicists. Most of these experiments are considered precision measurements that served in the determination of essential relations or natural constants. But what do we know about these experiments, the instruments, and the practices associated with them ?

In this respect, the replication method provides an access to developing some answers to these questions. By redoing these experiments with instruments made according to the source information, a different understanding of the experiments and the practices related to them can be developed. In my presentation, I will address three experiments from three centuries – Coulomb's demonstration of the inverse square law in electrostatics, Fizeau's terrestrial determination of the speed of light, and Millikan's work on the elementary charge. These case studies illustrate on the one hand some potential meanings of experiments, but also the procedural aspects in the development of an experiment. On the other hand, these case studies also illustrate the methodological approach with respect to quantitative experiments.